

I, Päivi Turiainen, Iso Roobertinkatu 23, FIN-00120 Helsinki, Finland, hereby declare that I am well-acquainted with the Finnish and English languages and that annexed hereto is a true translation of Finnish Patent Application No. 981152, filed with the Finnish Patent Office on 25 May 1998, upon which the claim to priority in the present application is based.

Helsinki, 14 February 2001

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Päivi Turiainen'.

Päivi Turiainen

Translator



## DETECTION OF INTERFERING SIGNAL IN RADIO RECEIVER

### BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates to a method of detecting an interfering signal in a time division multiple access (TDMA) radio receiver.

5           When information is transferred over a radio channel, a signal to be transmitted has to be modulated. In modulation, the aim is to obtain a signal of a form which can be transmitted at a radio frequency. The prerequisite of a good modulation method is, for example, that it enables maximum amount of information to be transferred in a narrowest possible frequency band. Depend-  
10           ing on the purpose of use, other features may also be stressed. Furthermore, modulation must not generate more than a minimum amount of interference to a neighbouring channel.

          One of the modulation methods is called  $\pi/4$ -DQPSK ( $\pi/4$ -shifted, Differential Quaternary Phase Shift Keying) modulation. This modulation  
15           method comprises eight phase states, but only four phase shifts. The accepted phase shifts (symbols) are  $\pm\pi/4$  and  $\pm3\pi/4$ . Figure 3A shows a modulation constellation diagram. Each phase shift corresponds to two bits that are to be transmitted. In other words, a digital signal modulates a carrier in two-bit sequences in such a way that a given phase shift corresponds to each two-bit  
20           combination during each symbol sequence. A symbol sequence refers here to a signal sequence which is used for transmitting the two bits. The phase shifts, which correspond to bit combinations 00, 01, 10 and 11, are  $\pi/4$ ,  $3\pi/4$ ,  $-\pi/4$  and  $-3\pi/4$ . The symbol frequency used by the Terrestrial Trunked Radio system (TETRA), for example, is 18 kHz and, consequently, the bit frequency is  
25           36 kHz.

          When a signal is received it has to be demodulated, i.e. the bits which are modulated to the signal have to be detected by a detector so as to find out the information included therein. In transmission over a radio path, an interfering signal may sometimes appear at the frequency used, which interfer-  
30           ing signal uses a different modulation method from the one used by the actual signal. In the TETRA system, for example, such an interfering signal can be detected by examining the training sequence, which is always included in a timeslot, of the received timeslot. When the bit error ratio of the training sequence is calculated by comparing the training sequence with the stored ver-

sion of the training sequence and the bit error ratio exceeds a given threshold value, then the received signal is found out to be an interfering signal.

A problem in the above arrangement is that factors, such as strong signal fading, which degrade the quality of reception may occur during the training sequence of the actual signal. The number of bit errors may then become so large that an interfering signal is mistakenly thought to exist.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

An object of the invention is thus to provide a method so as to solve the above problems. The objectives of the invention are achieved by a method which is characterized by in the method taking samples from symbol sequences of a received signal over a TDMA timeslot, generating by a modulation detector a signal path corresponding to the TDMA timeslot or a portion thereof, determining an error estimate representing the erroneousness of the signal path generated, comparing the error estimate with a predetermined threshold value, and recognizing the reception of the interfering signal if the error estimate is greater than the predetermined threshold value.

The invention is based on the idea of determining an error estimate which represents the erroneousness of a signal path which corresponds to a TDMA timeslot, or a portion of the TDMA timeslot, of the received signal. The error estimate is compared with a predetermined threshold value, and on the basis thereof it is detected whether the received signal is an interfering signal.

It is an advantage of the method of the invention that when a half timeslot, for example, is used as a detection interval, an interfering signal can be detected more reliably than it would be done only on the basis of the training sequence. Furthermore, an error estimate possibly generated in connection with the normal signal detection can be used as an error estimate, enabling an extremely simple implementation.

The invention also relates to equipment for detecting an interfering signal in a time division multiple access (TDMA) radio receiver, whereby the equipment is characterized in that the equipment comprises means for taking samples from symbol sequences of a received signal over a TDMA timeslot and a modulation detector for generating a signal path corresponding to the TDMA timeslot or a portion thereof, and that the equipment is arranged to determine an error estimate representing the erroneousness of the signal path generated and to compare the error estimate with a predetermined threshold

value, and that the equipment is also arranged to recognize the reception of the interfering signal if the error estimate is greater than the predetermined threshold value. Such equipment enables the advantages of the method of the invention to be achieved in a simple manner.

## 5 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

In the following, the invention will be described in more detail by means of preferred embodiments with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 shows a block diagram of a structure of reception of the  
10 TETRA system;

Figure 2 shows a simplified diagram of a frame structure of the TETRA system;

Figure 3A shows a phase shift diagram of  $\pi/4$ -DQPSK modulation;

Figure 3B shows constellation points of  $\pi/4$ -DQPSK modulation;

15 Figure 4 shows a block diagram of an adaptive MLSE detector and channel estimators associated therewith according to an embodiment;

Figure 5 shows a flow diagram of an embodiment of the method of the invention.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

20 In the following, the invention is described in connection with the TETRA system with no intention to restrict the invention to any specific system or a modulation method.

In the TETRA system, information bits which are obtained from a medium access layer (MAC) of a transmission path are encoded by block coding and convolution coding so as to detect and possibly correct at reception  
25 the errors arising in a signal on a radio path. The encoded bits are interleaved in such a way that successive bits are far apart from one another. This facilitates error correction in case an instantaneous error falls on the radio path on the signal to be transmitted. The interleaved bits are mixed by using a given  
30 colour code by which the transmissions of different base stations can be recognized. In multiplexing, bits of different logical channels are combined. Thereafter, a burst is generated from the multiplexed bits. A burst is a structure which is transmitted in one time division multiple access (TDMA) timeslot or sub-timeslot. The burst is composed of data bit fields 20 and 22 and a training  
35 sequence 21 therebetween in the middle of the burst, as illustrated in Fig-

ure 2. Differential coding generates modulating symbols from pairs of bits of a burst. A carrier which is modulated by control of symbols is amplified in a transmitter and transmitted onto the radio path.

5 The modulation is the above-described  $\pi/4$ -DQPSK ( $\pi/4$ -shifted, Differential Quaternary Phase Shift Keying) modulation. This modulation method comprises eight phase states, but only four phase shifts. The accepted phase shifts (symbols) are  $\pm\pi/4$  and  $\pm3\pi/4$ . In practice, the  $\pi/4$ -DQPSK constellation thus varies at symbol intervals between two 4-pointed constellations which are illustrated in Figure 3B with four black points (the first constellation) and with  
10 four white points (the second constellation). When the symbol sequence changes it is only possible to shift from the white point to the black point and from the black point to the white point. Each of these eight constellation points can be presented with numbers 0 to 3, as shown in Figure 3B. The constellation points may shift because of the non-idealities of the radio channel.

15 Figure 1 shows a block diagram of a receiver structure of the invention for the TETRA system, for example. Only parts of the transceiver which are essential to the description of the invention are shown. In reception, a signal is obtained from an antenna (not shown), and the signal is first processed by radio-frequency parts. Next, A/D converters (not shown) take samples from  
20 an intermediate frequency signal. The samples are supplied to a synchronizing block 11, as illustrated by a signal RF in Figure 1. The synchronizing block 11 searches the obtained samples for a training sequence 21 which belongs to the frame structure. The training sequence enables the synchronizing block to accurately determine the moment of sampling, i.e. positions of all the symbols in a sample stream. The synchronizing block also controls the radio-frequency parts of the receiver in order that the signal which is supplied to the A/D converter would stay at an optimal level. The synchronizing block gives a frame to  
25 a channel equalizer and a detector block 12. The channel equalizer corrects the non-idealities caused by the radio path channel, and the detector associated with the channel equalizer detects the information bits. Finally, a logical channel is generated from the frame in framing 13, and the logical channel is forwarded for further processing.  
30

In order to facilitate the understanding of the invention, an example is described above of a general structure of the transceiver. However, the  
35 structure of the transceiver may vary without deviating from the present invention.

In a preferred embodiment of the invention, the detector 12 is a MLSE detector which is provided with a Viterbi algorithm. In other words, the adaptive MLSE detector comprises a Viterbi detector 41 and at least one adaptive channel estimator  $42_a$  ( $a=1 \dots M^V$ ), as shown in Figure 4. The Viterbi detector 41 estimates the transmitted sequence from the received sequence  $r_n$  by a description created by the channel estimator  $42_a$  of an impulse response of the radio channel. The channel estimator  $42_a$  adaptively estimates the impulse response of the radio channel by decisions  $J_n$  or preliminary decisions which are made by the Viterbi detector 41. One channel estimate corresponds to one sequence of the Viterbi detector. It is possible to implement these estimates by one common channel estimator. However, this leads to degraded tracking ability of the channel estimator. The embodiment presented in Figure 4 comprises several parallel channel estimators  $42_a$ , preferably as many as there are sequences.

It is typical of the radio path that the signal which is transmitted arrives to the receiver over several paths which each have a specific time delay. In addition, channel properties change as a function of time. For example, beams that are reflected and delayed on the radio path generate intersymbol interference (ISI). The frequency response or the impulse response of the channel may be estimated by a discrete-time filter, i.e. a channel estimator, whose tap coefficients model the radio channel. The aim is to describe the state of the radio channel by means of the channel estimate.

A channel estimator generally refers in this description to a mechanism which estimates and maintains a description of the complex impulse response of the radio channel. A method by which the channel estimate is updated is substantially associated with this mechanism. In the TETRA system, a least mean square (LMS) algorithm can be used for updating the channel estimates. In order to ensure that the LMS algorithm is converged before the start of the actual information bits, the detector 12 has to obtain the best possible initial estimate of the channel state. This estimate is obtained from the synchronizing block 11 which calculates a complex cross-correlation between the training sequence 21 of the received signal and the stored version of the training sequence. The cross-correlation result provides an initial value for the channel estimate, the initial value indicating the average state of the channel during the training sequence. Channel correction and symbol detection begin not until the training sequence is received. This ensures that the timing of the

symbols can be adjusted as accurately as possible and the initial estimate of the channel can be generated by symbol synchronization. The channel correction both in the forward direction and in the backward direction takes place in such a way that after the estimates have been initialized, the detector 12 is instructed over the training sequence 21 towards the end of the burst or towards the start of the burst, respectively, as shown in Figure 2.

A Viterbi algorithm is a method by which a trellis is searched from a set of signal paths for a signal path which corresponds to the maximum likelihood. In the set of signal paths, one channel estimate preferably corresponds to one signal path. It is also possible to use an estimate common to all paths, as already mentioned above. Signal paths refer here to various combinations of successive modulation symbols. At each search stage for the trellis,  $M^L$  sequences advance in the detector, each sequence comprising a specific path metric which is based on the Euclidean distance. Reference constellation points are constructed on the basis of the information which is available on the current state of the channel, i.e. on the basis of the channel estimate. When the reference constellation points have been calculated, the difference between the reference point and the received sample can be calculated for each channel estimate. The channel estimate can be updated by means of this error. The error metric of a given signal path is calculated by summing up the error metrics, i.e. quadratic errors, of all the points of the signal path.

Figure 5 shows a flow diagram of an embodiment of the method of the invention. In accordance with the basic idea of the invention, in step 51 an error estimate is determined which represents the erroneousness of the signal path which corresponds to the timeslot, or a portion of the timeslot, of a signal received in step 50. According to the preferred embodiment of the invention, the error estimate is determined for a half timeslot 20 or 22. Furthermore, according to the preferred embodiment, as the error estimate is used an error metric which is generated by the detector 12, in addition to the bits it has detected, to represent in the manner described above in the description the erroneousness of the bit information the detector has generated. Next, in step 52 the error metric is compared with a predetermined threshold value. If the error metric value exceeds the threshold value, i.e. if the erroneousness of the signal for each half timeslot is greater than the predetermined value, then it can be assumed that the received signal is an interfering signal or a signal other

than a TETRA-modulated signal (step 53). The method can be made more reliable by using a detection time period which is longer than a half timeslot.

According to an alternative embodiment of the invention, besides the detector 12, one or more parallel detectors preferably of different types are employed. The parallel detectors operate independently and each of them generate an error metric value of their own for the information they have produced. The detector having the best error metric value is selected from these parallel detectors, and the routine proceeds in accordance with the first preferred embodiment of the invention by comparing the error metric of the selected detector with the predetermined threshold value as described above. When parallel detectors of different types are used, good performance can be achieved by one detector even in reception conditions in which the other detector does not operate optimally. A coherent detector, for example, operates well on a channel which contains noise but does not contain intersymbol interference. Correspondingly, a better performance is achieved by a channel equalizer-type detector on a channel which contains intersymbol interference.

It will be apparent to those skilled in the art that progress in technology enables the basic idea of the invention to be implemented in various ways. The invention and its embodiments are therefore not restricted to the above examples but they may vary within the scope of the claims.



## CLAIMS

1. A method of detecting an interfering signal in a time division multiple access (TDMA) radio receiver, **characterized** by in the method taking samples from symbol sequences of a received signal over a TDMA timeslot,  
generating by a modulation detector a signal path corresponding to the TDMA timeslot or a portion thereof,  
determining an error estimate representing the erroneousness of the signal path generated,  
comparing the error estimate with a predetermined threshold value,  
and  
recognizing the reception of the interfering signal if the error estimate is greater than the predetermined threshold value.
2. A method as claimed in claim 1, **characterized** by using in the comparison an error estimate of a signal path corresponding to a half timeslot.
3. A method as claimed in claim 1 or 2, **characterized** by using a signal path error metric which is generated by means of quadratic errors which are calculated on the basis of individual symbol sequence specific sample points and reference constellation points corresponding thereto as the error estimate representing the erroneousness of the signal path.
4. A method as claimed in claim 1, 2 or 3, **characterized** by generating two or more alternative signal paths from the received timeslot or a portion thereof by two or more parallel modulation detectors preferably of different types,  
determining an error estimate of each signal path, and  
selecting the signal path having the best error estimate to be used in the comparison.
5. Equipment for detecting an interfering signal in a time division multiple access (TDMA) radio receiver, **characterized** in that the equipment comprises  
means for taking samples (50) from symbol sequences of a received signal over a TDMA timeslot and  
a modulation detector (12) for generating a signal path corresponding to the TDMA timeslot (20, 21, 22) or a portion thereof, and that

the equipment is arranged to determine (51) an error estimate representing the erroneousness of the signal path generated and to compare (52) the error estimate with a predetermined threshold value, and that

5 the equipment is also arranged to recognize (53) the reception of the interfering signal if the error estimate is greater than the predetermined threshold value.

6. Equipment as claimed in claim 5, **characterized** in that it is arranged to use in the comparison (52) an error estimate of a signal path corresponding to a half timeslot (20 or 22).

10 7. Equipment as claimed in claim 5 or 6, **characterized** in that a signal path error metric which is generated by means of quadratic errors calculated on the basis of individual symbol sequence specific sample points and reference constellation points corresponding thereto is used as the error estimate representing the erroneousness of the signal path.

15 8. Equipment as claimed in claim 5, 6 or 7, **characterized** in that it comprises two or more parallel modulation detectors preferably of different types for generating two or more alternative signal paths from the received timeslot or a portion thereof, the equipment being arranged to determine an error estimate of each signal path and to select the signal path having the best  
20 error estimate to be used in the comparison.

**ABSTRACT**

A method and equipment for detecting an interfering signal in a time division multiple access (TDMA) radio receiver, in which case samples are taken (50) from a received signal in symbol sequences over a TDMA timeslot (20, 21, 22), a signal path corresponding to the TDMA timeslot, or a portion thereof, is generated by a modulation detector (12), an error estimate representing the erroneousness of the signal path generated is determined (51), the error estimate is compared (52) with a predetermined threshold value, and the reception of the interfering signal is recognized (53) if the error estimate is greater than the predetermined threshold value.  
(Figure 1)

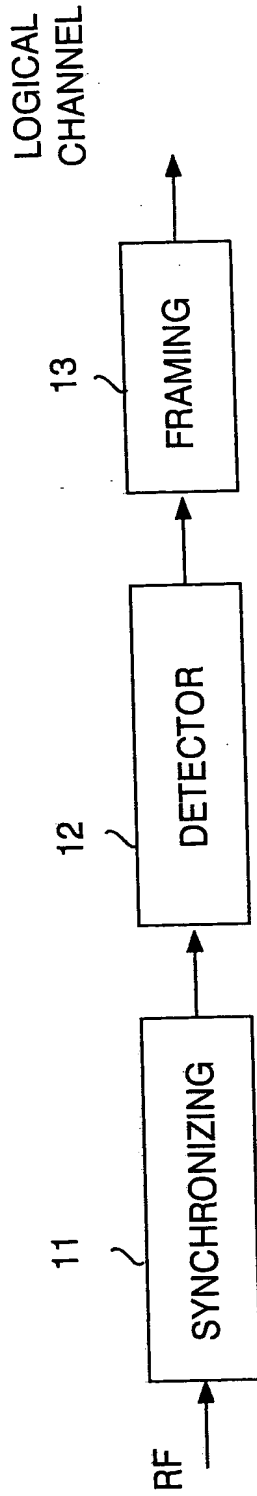
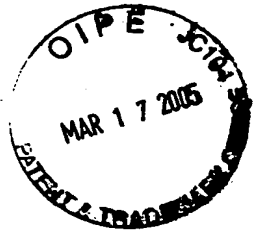


FIG. 1

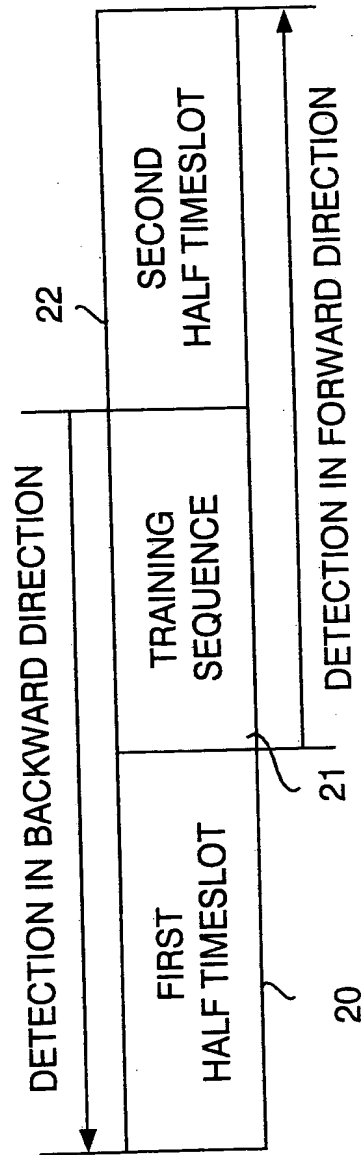


FIG. 2

2/4

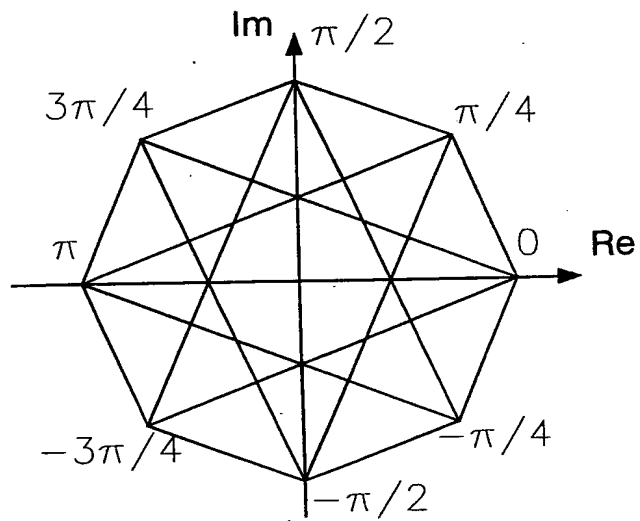


FIG. 3A

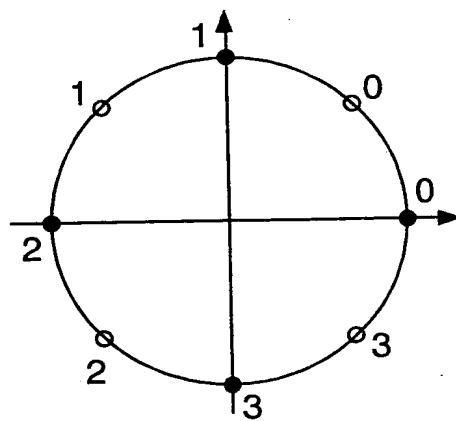


FIG. 3B

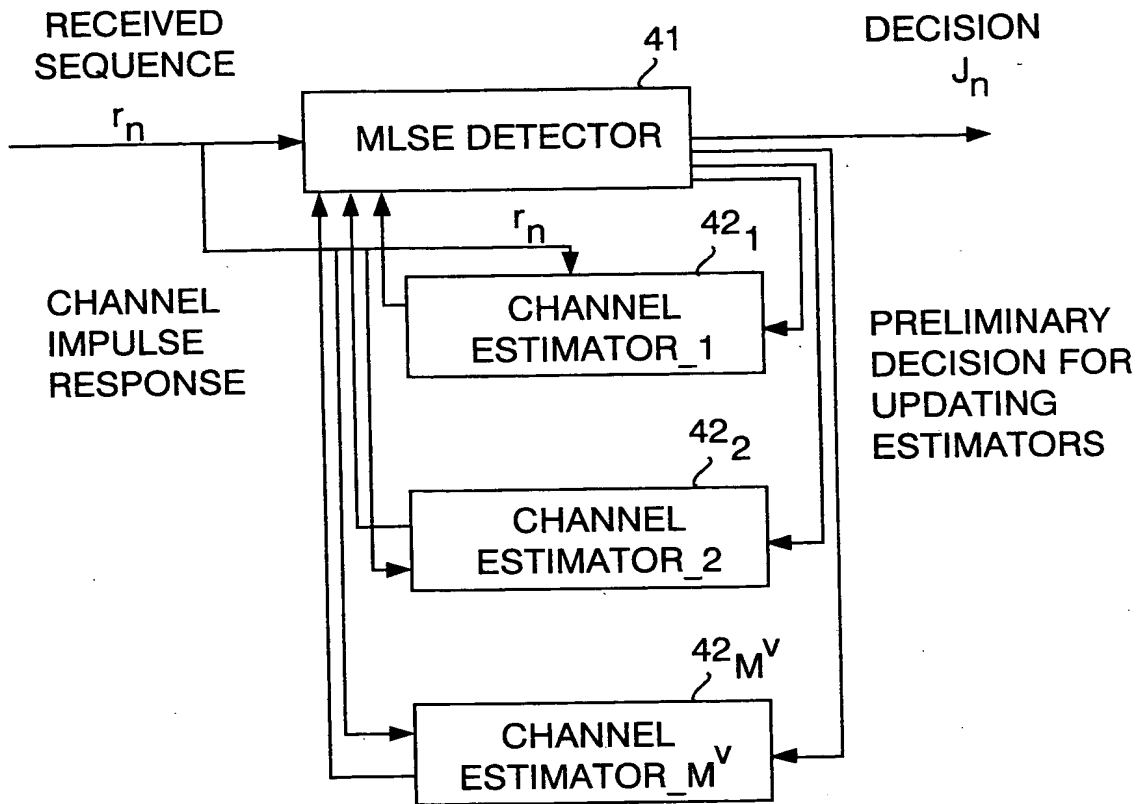


FIG. 4

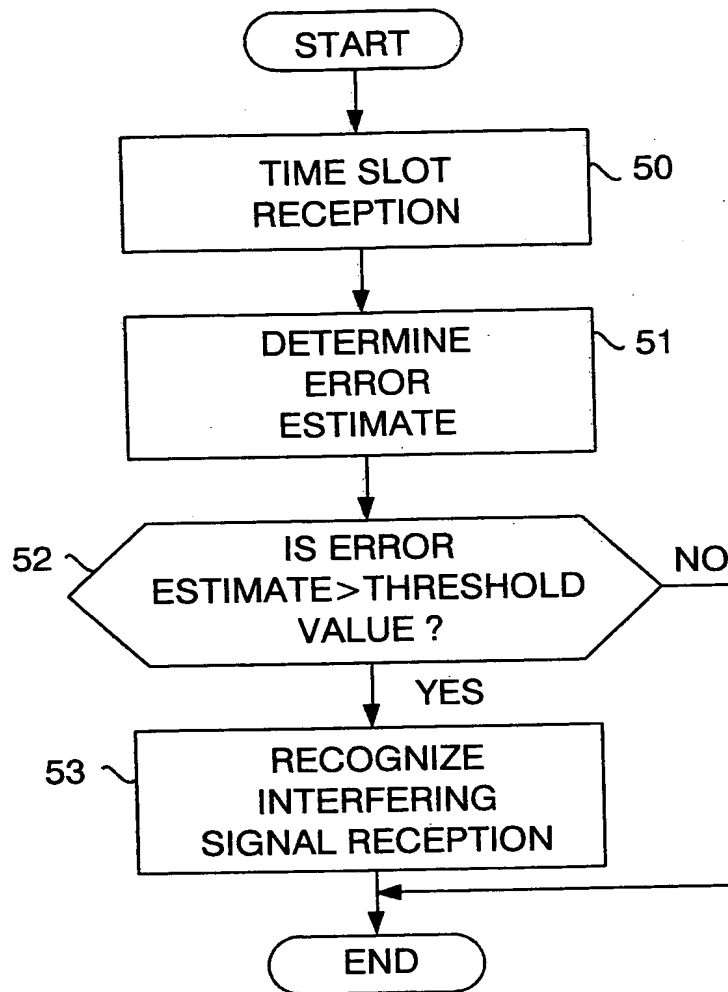


FIG. 5

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 16.07.99

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

981152

Tekemispäivä  
Filing date

25.05.98

Kansainvälinen luokka  
International class

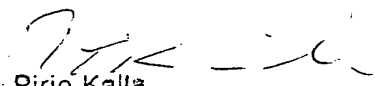
H 04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä ja laitteisto häiritsevän signaalin havaitse-  
miseen radiovastaanottimessa"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja  
jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan  
annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä  
ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies  
of the description, claims, abstract and drawings originally  
filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kalla  
Tekimussihteeri

Maksu 240,- mk  
Fee 240,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A  
Address: P.O.Box 1160  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500  
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5204  
Telefax: + 358 9 6939 5204



## Menetelmä ja laitteisto häiritsevän signaalin havaitsemiseen radiovastaanottimessa

### Keksinnön tausta

Keksinnön kohteena on menetelmä häiritsevän signaalin havaitsemiseen aikajakomonikäyttö (TDMA) -radiovastaanottimessa.

Siirrettäessä informaatiota radiokanavan välityksellä täytyy lähetettävä signaali moduloida. Moduloinnin tarkoituksena on saada signaali sellaiseen muotoon, että se voidaan lähettää radiotaajuudella. Hyvältä modulaatiomenetelmältä voidaan edellyttää esimerkiksi, että pystytään siirtämään mahdollisimman paljon informaatiota mahdollisimman kapealla taajuuskaistalla. Käyttötarkoituksesta riippuen voidaan painottaa myös muita ominaisuuksia. Lisäksi modulaation täytyy olla sellainen, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriötä naapurikanavalle.

Eräs modulaatiomenetelmä on  $\pi/4$ -DQPSK ( $\pi/4$ -shifted, Differential Quaternary Phase Shift Keying) -modulointi. Tässä modulaatiomenetelmässä on kahdeksan vaihetilaa, mutta vain neljä vaihesiirtymää. Sallitut vaihesiirtymät (symbolit) ovat  $\pm\pi/4$  ja  $\pm 3\pi/4$ . Kuviossa 3A on esitetty modulaation vaihesiirtymäkuvio (konstellaatio). Jokainen vaihesiirtymä vastaa kahta lähetettävää bittiä. Toisin sanoen digitaalinen signaali moduloi kantaaaltoa kahden bitin jaksoissa siten, että jokaista kahden bitin yhdistelmää vastaa tietty vaiheen muutos jokaisen symbolijakson aikana. Symbolijaksolla tarkoitetaan signaalin jaksoa, joka käytetään kahden bitin välittämiseen. Bittiyhdistelmiä 00, 01, 10 ja 11 vastaavat vaiheenmuutokset ovat  $\pi/4$ ,  $3\pi/4$ ,  $-\pi/4$  sekä  $-3\pi/4$ . Esimerkiksi TETRA (Terrestrial Trunked Radio) -järjestelmässä käytetty symbolitaajuus on 18 kHz, jolloin bittitaajuus on 36 kHz.

Vastaanotettaessa signaalia täytyy se demoduloida eli ilmaista signaaliin moduloidut bitit ilmaisimen avulla, jotta siihen sisältyvä informaatio saadaan selville. Radioteitse tapahtuvassa välityksessä saattaa esiintyä tilanne, jossa käytettävällä radiotaajuudella esiintyy jokin häiritsevä signaali, joka käyttää eri modulaatiomenetelmää kuin varsinainen signaali. Esimerkiksi TETRA-järjestelmässä tällaisen häiritsevän signaalin detektointi voidaan suorittaa tutkimalla vastaanotetun aikavälin opetusjaksoa, joka aina sisältyy aikaväliin. Laskemalla opetusjakson bittivirhesuhde opetusjakson tallennettuun versioon vertaamalla voidaan havaita vastaanotetun signaalin olevan häiriösignaali, jos virhesuhde nousee tietyn raja-arvon yli.

Ongelmana yllä kuvatussa järjestelyssä on se, että oikean signaalin opetusjakson aikana voi ilmetä vastaanoton laatua heikentäviä tekijöitä kuten voimakas signaalin häipymä. Tällöin voi bittivirheiden määrä kasvaa niin suureksi, että tehdään virheellinen tulkinta häiritsevän signaalin olemassaolosta.

## 5 Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää menetelmä, joka ratkaisee yllä mainitut ongelmat. Keksinnön tavoitteet saavutetaan menetelmällä, jolle on tunnusomaista se, että menetelmässä otetaan vastaanotetusta signaalista näytteitä symbolijaksoittain TDMA-aikavälin yli, muodostetaan modulaationilmaisimella TDMA-aikaväliä tai sen osaa vastaava signaalipolku, määritetään muodostetun signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti, verrataan virhe-estimaattia ennalta määrättyyn kynnysarvoon ja tunnistetaan häiritsevän signaalin vastaanotto, jos virhe-estimaatti on suurempi kuin ennalta määrätty kynnysarvo.

Keksintö perustuu siihen, että määritetään vastaanotetun signaalin TDMA-aikaväliä tai sen osaa vastaavan signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti, jota verrataan ennalta määrättyyn kynnysarvoon ja päätellään tämän perusteella onko vastaanotettu signaali häiriösignaali vai ei.

Keksinnön mukaisen menetelmän etuna on se, että käytettäessä havaintovälinä esimerkiksi puoliaikaväliä saadaan häiriösignaalin havaitsemisen tehtyä luotettavammin kuin esimerkiksi pelkän opetusjakson perusteella on mahdollista. Lisäksi virhe-estimaattina voidaan käyttää signaalin normaalin ilmaisun yhteydessä mahdollisesti tuotettavaa virhe-estimaattia, mikä mahdollistaa hyvin yksinkertaisen toteutuksen.

Keksinnön kohteena on myös laitteisto häiritsevän signaalin havaitsemiseen aikajakomonikäyttö (TDMA) -radiovastaanottimessa, jolloin laitteistolle on tunnusomaista se, että laitteisto käsittää välineet näytteiden ottamiseksi vastaanotetusta signaalista symbolijaksoittain TDMA-aikavälin yli ja modulaationilmaisimen TDMA-aikaväliä tai sen osaa vastaavan signaalipolun muodostamiseksi, ja että laitteisto on sovitettu määrittämään muodostetun signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti ja vertaamaan virhe-estimaattia ennalta määrättyyn kynnysarvoon, ja että laitteisto on lisäksi sovitettu tunnistamaan häiritsevän signaalin vastaanotto, jos virhe-estimaatti on suurempi kuin ennalta määrätty kynnysarvo. Tällaisen laitteiston avulla voidaan keksinnön mukaisen menetelmän edut saavuttaa yksinkertaisella tavalla.

## Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

5 Kuvio 1 esittää lohkokaaavion eräästä TETRA-järjestelmän mukaisesta vastaanoton rakenteesta;

Kuvio 2 esittää yksinkertaistetun kaaviokuvan TETRA-järjestelmän kehysrakenteesta;

Kuvio 3A esittää  $\pi/4$ -DQPSK-moduloinnin vaihesiirtymäkaavion;

Kuvio 3B esittää  $\pi/4$ -DQPSK-moduloinnin konstellatiopisteet;

10 Kuvio 4 esittää lohkokaaavion adaptiivisesta MLSE-ilmaisimesta ja siihen liittyvistä kanavaestimaattoreista erään suoritusmuodon mukaisesti;

Kuvio 5 esittää vuokaavion eräästä keksinnön mukaisen menetelmän sovellutusmuodosta.

## Keksinnön yksityiskohtainen selostus

15 Keksintöä selitetään seuraavassa TETRA-järjestelmän yhteydessä, mutta keksintöä ei ole tarkoitus rajoittaa mihinkään tiettyyn järjestelmään tai modulaatiomenetelmään.

Tetra-järjestelmässä siirtotien hallintakerrokselta MAC (Medium Access Layer) saadut informaatiobitit koodataan lohkokoodauksella ja konvoluutiokoodauksella, jotta radiotiellä signaaliin aiheutuvat virheet voitaisiin havaita ja mahdollisesti korjata vastaanotossa. Koodatut bitit lomitetaan siten, että peräkkäiset bitit ovat kaukana toisistaan. Tämä helpottaa virheenkorjausta, jos lähetettävään signaaliin kohdistuu radiotiellä hetkellinen häiriö. Lomitetut bitit sekoitetaan käyttämällä tiettyä värikoodia, jonka avulla eri tukiasemien lähetykset voidaan tunnistaa. Multipleksoinnissa yhdistetään eri loogisten kanavien bittejä. Multipleksoiduista biteistä muodostetaan tämän jälkeen purske. Purske on rakenne, joka lähetetään yhdessä TDMA (Time Division Multiple Access) aikavälissä tai aliaikavälissä. Purske koostuu databittikentistä 20 ja 22 sekä niiden välissä purskeen keskellä olevasta opetusjaksosta 21, kuten kuviossa 2 on havainnollistettu. Differentiaalikoodaus muodostaa purskeen bittipareista moduloivia symboleita. Symbolien ohjauksella moduloitu kantoaalto vahvistetaan lähettimessä ja lähetetään radiotielle.

35 Modulointi on edellä kuvattu  $\pi/4$ -DQPSK ( $\pi/4$ -shifted, Differential Quaternary Phase Shift Keying) -modulointi. Tässä modulaatiomenetelmässä on kahdeksan vaihetilaa, mutta vain neljä vaihesiirtymää. Sallitut vaihesiirty-

mät (symbolit) ovat  $\pm\pi/4$  ja  $\pm3\pi/4$ . Käytännössä siis  $\pi/4$ -DQPSK-konstellaatio vaihtelee symbolin välein kahden 4-pisteisen konstellaation välillä, joita on kuviossa 3B havainnollistettu neljällä mustalla pisteellä (1. Konstellaatio) ja neljällä valkoisella pisteellä (2. Konstellaatio). Symbolijakson vaihtuessa on mahdollista siirtyä vain valkoisesta mustaan pisteeseen ja mustasta valkoiseen pisteeseen. Kukin näistä kahdeksasta konstellaatiopisteestä voidaan esittää numeroin 0-3, kuten kuviossa 3B. Radiokanavan epäideaalisuuksista johtuen saattavat konstellaatiopisteet siirtyä.

Kuviossa 1 on esitetty lohkokaavio eräästä keksinnön mukaisesta vastaanotinrakenteesta esimerkiksi TETRA-järjestelmää varten. Vastaanottimesta on kuvattu vain keksinnön selittämisen kannalta oleelliset osat. Vastaanotossa saadaan signaali antennilta (ei esitetty) ja radiotaajuiset osat käsittelevät ensin signaalia. Tämän jälkeen otetaan A/D-muuntimilla (ei esitetty) näytteitä välitaajuisesta signaalista. Näytteet syötetään synkronointilohkolle 11, kuten kuviossa 1 on havainnollistettu signaalilla RF. Synkronointilohko 11 etsii kehysrakenteeseen kuuluvaa opetusjaksoa 21 saaduista näytteistä. Sen avulla synkronointilohko pystyy määrittämään tarkasti näytteenottohetken eli kaikkien symbolien paikat näytevirrassa. Synkronointilohko ohjaa myös vastaanottimen radiotaajuisia osia siten, että A/D-muuntimelle tuleva signaali pysyisi optimaalisella tasolla. Synkronointilohko antaa kehyksen kanavakorjain- ja ilmaisinelohkolle 12. Kanavakorjaimessa korjataan radiotiekanavan aiheuttamia epäideaalisuuksia ja siihen liittyvä ilmaisin ilmaisee informaatiobitit. Lopuksi muodostetaan kehystyksessä 13 kehyksestä looginen kanava, joka lähetetään edelleen jatkokäsittelyyn.

Edellä on keksinnön ymmärtämisen helpottamiseksi kuvattu eräs esimerkki vastaanottimen yleisestä rakenteesta. Vastaanottimen rakenne voi kuitenkin vaihdella ilman, että poiketaan esillä olevasta keksinnöstä.

Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa ilmaisimessa 12 on MLSE-ilmaisimien, jotka on varustettu Viterbi-algoritmeilla. Adaptiivinen MLSE-ilmaisin siis käsittelee Viterbi-ilmaisijan 41 ja ainakin yhden adaptiivisen kanavaestimaattorin 42<sub>a</sub> ( $a=1\dots M^V$ ), kuten kuviossa 4 on esitetty. Viterbi-ilmaisija 41 estimoii lähetettyä sekvenssiä vastaanotetusta sekvenssistä  $r_n$  käyttäen apuna kanavaestimaattorin 42<sub>a</sub> luomaa kuvausta radiokanavan impulssivasteesta. Kanavaestimaattori 42<sub>a</sub> estimoii adaptiivisesti radiokanavan impulssivastetta käyttäen apuna Viterbi-ilmaisimen 41 tuottamia päätöksiä  $J_n$  tai alustavia päätöksiä. Kutakin Viterbi-ilmaisimen sekvenssiä vastaa yksi kanavaestimaatti. Nämä es-

timaatit on mahdollista toteuttaa yhdellä yhteisellä kanavaestimaattorilla, mutta tämä johtaa kanavaestimaattorin seurantakyvyn heikkenemiseen. Kuviossa 4 esitettyssä suoritusmuodossa on useita rinnakkaisia kanavaestimaattoreita 42<sub>a</sub>, edullisesti yhtä monta kuin sekvenssejä.

- 5 Radiotielle on tyypillistä, että lähetetty signaali saapuu vastaanotti-  
meen useita etenemisteitä pitkin, joilla jokaisella on sille ominainen aikaviive,  
minkä lisäksi kanavan ominaisuudet muuttuvat ajan funktiona. Esimerkiksi ra-  
diotiellä heijastuneet ja viivästyneet säteet aiheuttavat symbolien välistä yli-  
kuulumista (ISI=Intersymbol Interference). Kanavan taajuusvastetta tai im-  
10 pulssivastetta voidaan estimoida diskreetti-  
aikaisella suodattimella, kanavaes-  
timaattorilla, jonka tappikertoimet mallintavat radiokanavaa. Kanavaestima-  
tilla pyritään kuvaamaan radiokanavan tilaa.

- Tässä selityksessä kanavaestimaattorilla käsitetään yleisesti meka-  
nismia, joka estimoii ja ylläpitää kuvausta radiokanavan kompleksisesta im-  
15 pulssivasteesta. Tähän mekanismiin liittyy olennaisesti menetelmä, jolla kana-  
vaestimaattia päivitetään. TETRA-järjestelmässä kanavaestimaattien päivittä-  
miseen voidaan käyttää LMS (Least Mean Square) -algoritmia. Jotta LMS-  
algoritmin konvergoituminen ennen varsinaisten informaatiobittien alkua var-  
mistettaisiin, on ilmaisimen 12 saatava mahdollisimman hyvä alkuestimaatti  
20 kanavan tilasta. Tämä estimaatti saadaan synkronoinnilta 11, joka etsiessään  
optimaalista näytteenottohetkeä laskee kompleksista ristikorrelaatiota vas-  
taanotetun signaalin opetusjakson 21 ja opetusjakson tallennetun version vä-  
lillä. Ristikorrelaatiotuloksesta saadaan kanavaestimaatille alkuarvo, joka ku-  
vaa kanavan keskimääräistä tilaa opetusjakson aikana. Kanavakorjaus ja  
25 symbolien ilmaiseminen aloitetaan vasta, kun opetusjakso on vastaanotettu.  
Tämä siksi, että symbolisynkronointi kykenee säätämään symboliajastuksen  
mahdollisimman tarkaksi ja muodostamaan kanavan alkuestimaatin. Sekä  
eteenpäin- että taaksepäin suoritettava kanavakorjaus tapahtuu siten, että es-  
timaattien alustusten jälkeen lähdetään liikkeelle siten, että opetetaan ilmai-  
30 sinta 12 opetusjakson 21 yli kohti purskeen loppua tai vastaavasti alkua, kuten  
kuviossa 2 on esitetty.

- Viterbi-algoritmi on menetelmä, jolla etsitään trellis maksimitoden-  
näköisyyttä vastaavalle signaalipolulle signaalipolkujen joukosta, jossa kutakin  
signaalipolkua vastaa edullisesti yksi kanavaestimaatti. Mahdollista on myös  
35 käyttää kaikille poluille yhtä yhtenäistä estimaattia, kuten jo aiemmin todettiin.  
Signaalipoluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä erilaisia perättäisten modulaa-

tiosymbolien yhdistelmiä. Jokaisessa trelliksen haun vaiheessa ilmaisimessa etenee  $M^L$  sekvenssiä, joilla jokaisella on oma euklidiseen etäisyyteen perustuva polun metriikka. Kanavan nykyisestä tilasta saatavilla olevan tiedon, eli kanavaestimaatin, perusteella konstruoidaan referenssikonstellaatiopisteet.

- 5 Kun referenssikonstellaatiopisteet on laskettu, voidaan laskea referenssipisteiden ja vastaanotetun näytteen välinen ero kullekin kanavaestimaatille. Tämän virheen avulla voidaan päivittää kanavaestimaatti. Tietyn signaalipolun virhemetriikka lasketaan summaamalla signaalipolun kaikkien pisteiden virhemetriikat eli neliölliset virheet yhteen.

- 10 Kuviossa 5 on esitetty vuokaavio eräästä keksinnön mukaisen menetelmän sovellutusmuodosta. Keksinnön perusajatuksen mukaisesti määritetään vaiheessa 51 aluksi vaiheessa 50 vastaanotetun signaalin aikaväliä tai sen osaa vastaavan signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti. Keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisesti virhe-estimaatti määritetään
- 15 puoliaikaväliä 20 tai 22 kohden. Edelleen edullisen suoritusmuodon mukaisesti virhe-estimaattina käytetään virhemetriikkaa, jonka ilmaisimen 12 tuottaa ilmaisimensa bittien lisäksi kuvaamaan tuottamansa bitti-informaation virheellisyyttä aiemmin tässä selityksessä kuvatulla tavalla. Tämän jälkeen verrataan vaiheessa 52 virhemetriikkaa ennalta määrättyyn kynnysarvoon. Jos virhemetriikka-arvo ylittää kynnysarvon, eli signaalin virheellisyys puoliaikaväliä kohden
- 20 on suurempi kuin ennalta määrätty arvo, voidaan olettaa, että vastaanotettu signaali on häiriösignaali tai jokin muu kuin TETRA-moduloitu signaali (vaihe 53). Menetelmän luotettavuutta voidaan lisätä käyttämällä havaintojaksona puoliaikaväliä pitempää aikajaksoa.

- 25 Keksinnön erään vaihtoehtoisen suoritusmuodon mukaisesti käytetään ilmaisimen 12 lisäksi yhtä tai useampia rinnakkaisia edullisesti eri tyyppisiä ilmaisimia. Rinnakkaiset ilmaisimet toimivat itsenäisesti toisistaan riippumatta ja tuottavat kukin oman virhemetriikka-arvonsa tuottamalleen informaatiolle. Näistä rinnakkaisista ilmaisimista valitaan parhaan virhemetriikka-arvon omaava ilmaisimen 30 ja edetään tämän jälkeen keksinnön ensisijaisen suoritusmuodon mukaisesti vertaamalla valitun ilmaisimen virhemetriikkaa ennalta määrättyyn kynnysarvoon kuten edellä on kuvattu. Käyttämällä rinnakkaisia ilmaisimia, jotka ovat keskenään eri tyyppisiä voidaan yhdellä ilmaisimella saavuttaa hyvä suorituskyky sellaisissakin vastaanotto-olosuhteissa, joissa toinen
- 35 ilmaisimen ei toimi optimaalisesti. Esimerkiksi koherentti-ilmaisimen toimii hyvin kanavalla, jolla on kohinaa mutta ei symbolien välistä ylikuulumista. Vastaavasti

kanavalla, jolla esiintyy symbolien välistä ylikuulumista, saavutetaan tyypillisesti parempi suorituskky kanavakorjain-tyyppisellä ilmaisimella.

- Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suorituskmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.
- 5

### Patenttivaatimukset

1. Menetelmä häiritsevän signaalin havaitsemiseen aikajakomoni-  
käyttö (TDMA) -radiovastaanottimessa, t u n n e t t u siitä, että menetelmässä  
otetaan vastaanotetusta signaalista näytteitä symbolijaksoittain  
5 TDMA-aikavälin yli,  
muodostetaan modulaationilmaisimella TDMA-aikaväliä tai sen  
osaa vastaava signaalipolku,  
määritetään muodostetun signaalipolun virheellisyyttä kuvaava vir-  
he-estimaatti,  
10 verrataan virhe-estimaattia ennalta määrättyyn kynnysarvoon ja  
tunnistetaan häiritsevän signaalin vastaanotto, jos virhe-estimaatti  
on suurempi kuin ennalta määrätty kynnysarvo.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,  
että vertailussa käytetään puoliaikaväliä vastaavan signaalipolun virhe-  
15 estimaattia.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
siitä, että signaalipolun virheellisyyttä kuvaavana virhe-estimaattina käytetään  
yksittäisten symbolijaksokohtaisten näytepisteiden ja niitä vastaavien refe-  
rensikonstellaatiopisteiden perusteella laskettujen neliöllisten virheiden avulla  
20 muodostettua signaalipolun virhemetriikkaa.
4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n -  
n e t t u siitä, että  
muodostetaan vastaanotetusta aikavälistä tai sen osasta kahdella  
tai useammalla rinnakkaisella edullisesti eri tyyppisellä modulaationilmaisi-  
25 mella kaksi tai useampia vaihtoehtoisia signaalipolkuja,  
määritetään kunkin signaalipolun virhe-estimaatti ja  
valitaan parhaan virhe-estimaatin omaava signaalipolku käytettä-  
väksi vertailussa.
5. Laitteisto häiritsevän signaalin havaitsemiseen aikajakomoni-  
30 käyttö (TDMA) -radiovastaanottimessa, t u n n e t t u siitä, että laitteisto kä-  
sittää  
välineet näytteiden ottamiseksi (50) vastaanotetusta signaalista  
symbolijaksoittain TDMA-aikavälin yli ja  
modulaationilmaisimen (12) TDMA-aikaväliä (20, 21, 22) tai sen  
35 osaa vastaavan signaalipolun muodostamiseksi, ja että



laitteisto on sovitettu määrittämään (51) muodostetun signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti ja vertaamaan (52) virhe-estimaattia ennalta määrättyyn kynnsarvoon, ja että

5 laitteisto on lisäksi sovitettu tunnistamaan (53) häiritsevän signaalin vastaanotto, jos virhe-estimaatti on suurempi kuin ennalta määrätty kynnsarvo.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että se on sovitettu käyttämään vertailussa (52) puoliaikaväliä (20 tai 22) vastaavan signaalipolun virhe-estimaattia.

10 7. Patenttivaatimuksen 5 tai 6 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että signaalipolun virheellisyyttä kuvaavana virhe-estimaattina käytetään yksittäisten symbolijaksokohtaisten näytepisteiden ja niitä vastaavien referenssikonstellaatiopisteiden perusteella laskettujen neliöllisten virheiden avulla muodostettua signaalipolun virhemetriikkaa.

15 8. Patenttivaatimuksen 5, 6 tai 7 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että se käsittää kaksi tai useampia rinnakkaisia edullisesti eri tyyppisiä modulaationilmaisimia kahden tai useamman vaihtoehtoisen signaalipolun muodostamiseksi vastaanotetusta aikavälistä tai sen osasta, laitteiston ollessa sovitettu määrittämään kunkin signaalipolun virhe-estimaatti ja valitsemaan  
20 parhaan virhe-estimaatin omaava signaalipolku käytettäväksi vertailussa.

**(57) Tiivistelmä**

Menetelmä ja laitteisto häiritsevän signaalin havaitsemiseen aikajakomonikäyttö (TDMA) -radiovastaanottimessa, jolloin menetelmässä otetaan (50) vastaanotetusta signaalista näytteitä symbolijaksoittain TDMA-aikavälin (20, 21, 22) yli, muodostetaan modulaationilmaisimella (12) TDMA-aikaväliä tai sen osaa vastaava signaalipolku, määritetään (51) muodostetun signaalipolun virheellisyyttä kuvaava virhe-estimaatti, verrataan (52) virhe-estimaattia ennalta määrättyyn kynnyksarvoon ja tunnistetaan (53) häiritsevän signaalin vastaanotto, jos virhe-estimaatti on suurempi kuin ennalta määrätty kynnyksarvo.

(Kuvio 1)

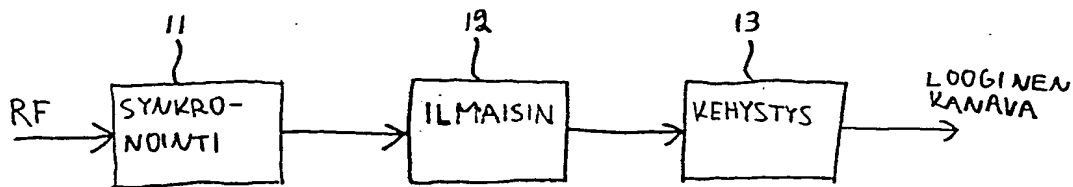


FIG 1

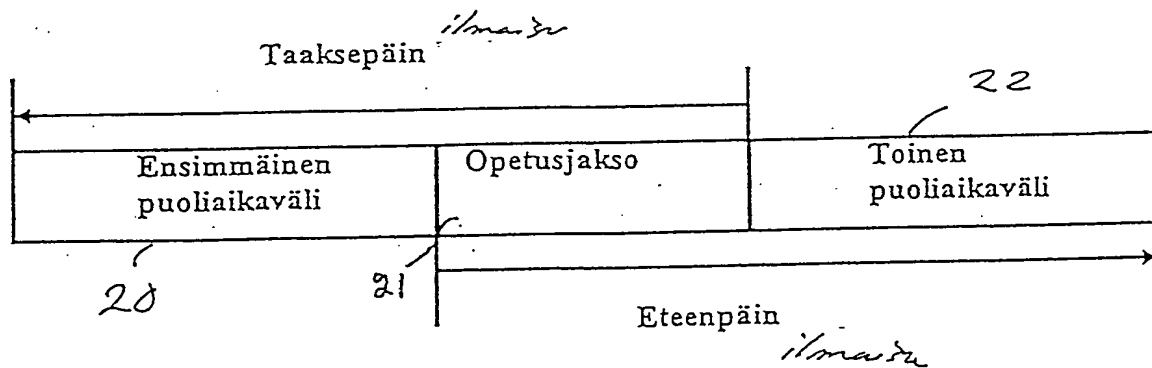


FIG 2

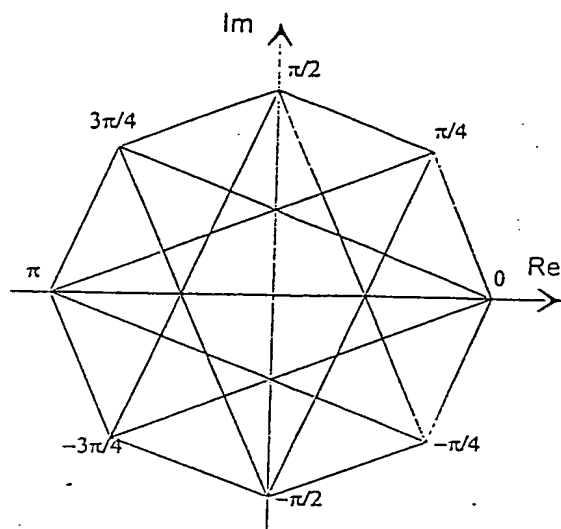


Fig. 3A

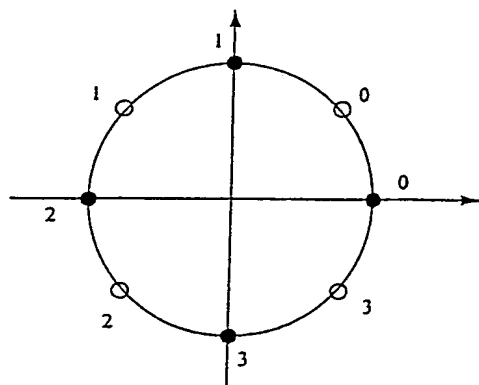


Fig. 3B

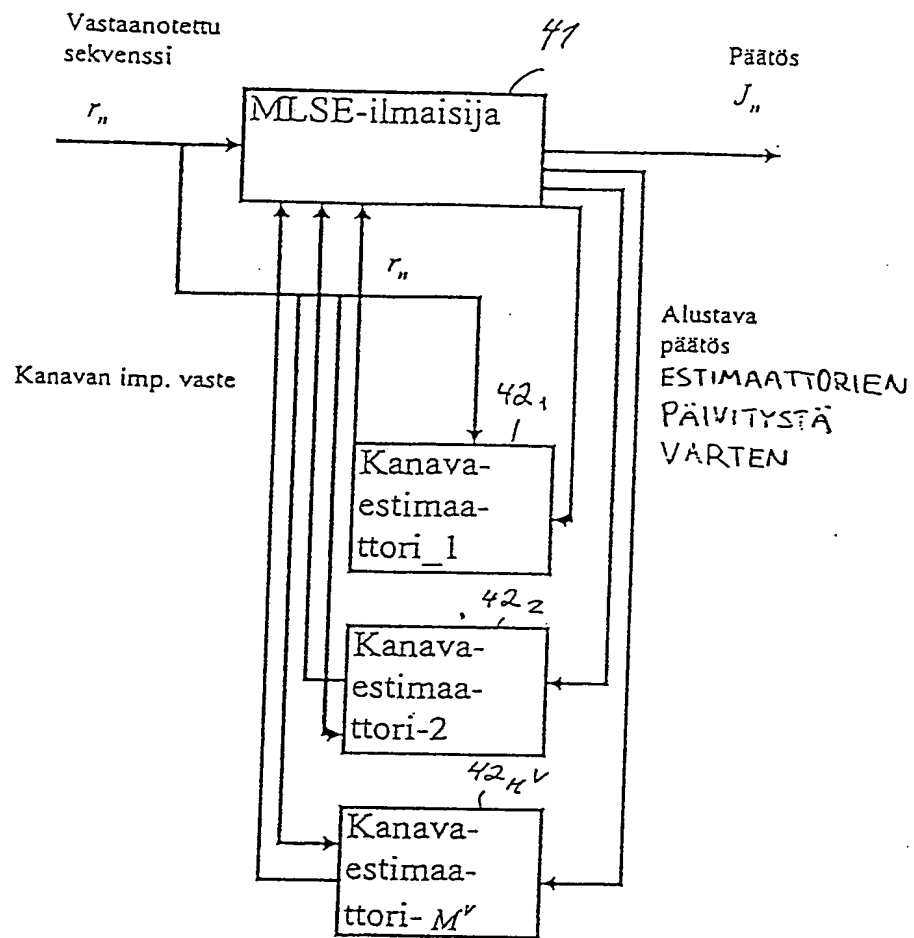


Fig. 4

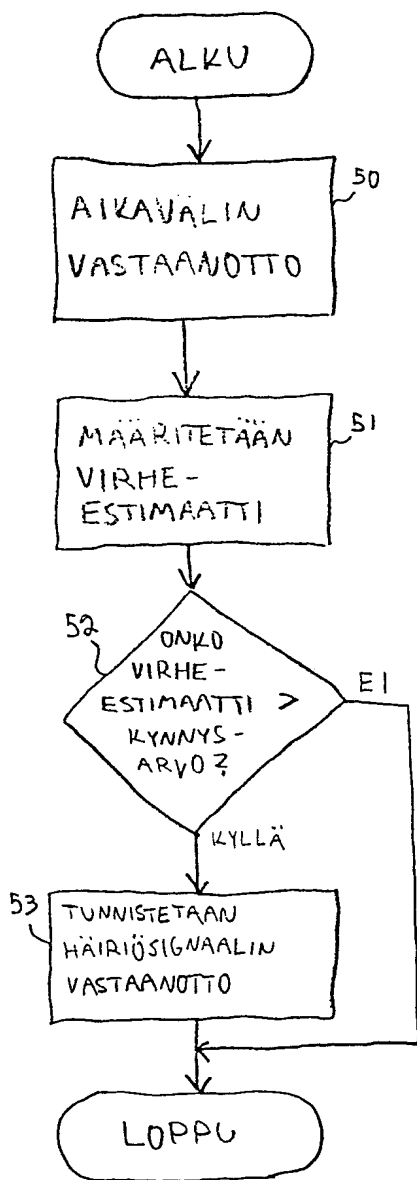


FIG 5